

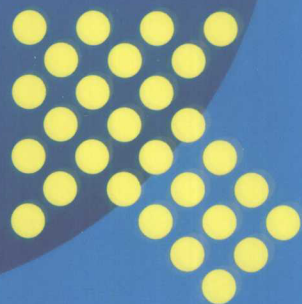
21世纪高等学校规划教材



LILUN LIXUE

理论力学

刘宝良 主 编
闫龙海 孙立红 崔高航 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

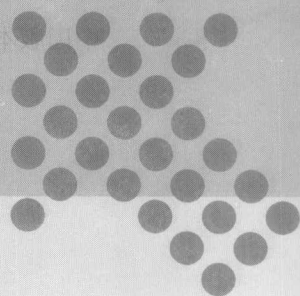
21世纪高等学校规划教材



本书为21世纪高等学校规划教材，由教育部高等学校工程力学教学指导委员会力学基础课程教学指导委员会组织编写，旨在为工程力学专业及相关专业的学生提供系统、全面的理论知识。本书共分五章，主要内容包括：静力学、材料力学、流体力学、热力学及传热学等。本书可作为高等院校工程力学专业及相关专业的教材，也可供从事工程力学工作的工程技术人员参考。

LILUN LIXUE

理论力学



主编：刘永才

副主编：刘永才

主审：刘永才

本书可作为高等院校工程力学专业及相关专业的教材。

本书可作为高等院校工程力学专业及相关专业的教材。

本书可作为高等院校工程力学专业及相关专业的教材。

本书可作为高等院校工程力学专业及相关专业的教材。

本书可作为高等院校工程力学专业及相关专业的教材。

本书可作为高等院校工程力学专业及相关专业的教材。

本书可作为高等院校工程力学专业及相关专业的教材。



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材,是根据 2008 年教育部高等学校力学教学指导委员会力学基础课程教学指导分委员会编制的“理工科力学基础课程教学基本要求”编写的。全书共二十章,主要分为基础篇和专题篇。基础篇包括静力学(静力学基本概念与物体受力分析、平面汇交力系、平面力偶系、平面任意力系、空间力系、静力学在工程中的应用),运动学(点的运动、刚体的简单运动、点的合成运动、刚体的平面运动)和动力学(质点动力学、动量定理、动量矩定理、动能定理、达朗贝尔原理、虚位移原理)三部分;专题篇包括非惯性系中的质点动力学、碰撞、振动力学、分析力学基础。

本书可作为普通高等院校工科类各专业教材,也可作为成教的电大、函授大学、职工大学和自学考试教材,还可供报考硕士研究生的复习参考及教师教学参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学/刘宝良主编. —北京:中国电力出版社,2010.5

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5123-0707-0

I. ①理… II. ①刘… III. ①理论力学—高等学校—教材 IV. ①O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 142536 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 5 月第一版 2010 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 542 千字

定价 36.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

本书按照教育部高等学校力学教学指导委员会力学基础课程教学指导分委员会 2008 年理工科非力学专业力学基础课教学的基本要求编写而成。主要特色如下:

(1) 指导思想。

本书作为非力学专业理论力学课程教材的改革尝试,采取了“高、宽、新、活、宜”的原则,即高视点选择经典内容,努力拓宽知识面,尽力反映新科技发展概况,注意各部分知识之间的联系,同时内容的难度较适宜。本书可作为高等工科院校各专业的理论力学教材或参考书。

(2) 结构体系。

本书分为基础篇和专题篇,基础篇包括静力学、运动学和动力学三部分;专题篇包括第一、二类拉格朗日方程、机械振动力学基础、碰撞原理、非惯性系中的质点动力学方程等内容。本书注重对学生的建模能力、分析能力和自学能力的培养。

(3) 编写特点。

在每章前首先阐述学习要点、知识结构框架,针对具体章节内容选择典型例题,一题多解,并针对重点进行小结,此外在例题和习题选题时也考虑了部分学生的考研需要。

(4) 教材模块化。

为便于不同学时的课程选用,教材内容以多学时课程基本要求为限,在章节安排上,考虑同时便于中学时和少学时课程使用。

(5) 其他特点。

本书在编写思想、体系安排、内容取舍上,力求最大限度地适应工科类各专业学习该课程和后续课程的需要;体现精讲经典,加强近代,增加应用,反映前沿,解决现实问题的特色;内容完整紧凑,难度适中,便于组织教学;能够在规定的课时内达到工科类专业对理论力学课程教学的基本要求和目的。

本书由黑龙江科技学院刘宝良任主编,黑龙江科技学院闫龙海、孙立红及东北林业大学崔高航任副主编。刘宝良编写第一~六章;闫龙海编写第七、八章,第十四~十六章,第二十章;孙立红编写第九~十三章;崔高航编写第十七~十九章;黑龙江科技学院南景富、黑龙江八一农垦大学李文涛、哈尔滨应用职业技术学院薛红锐参与了编写。全书由刘宝良统稿,由王建国教授审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在一些不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 7 月

目 录

前言

第一篇 基 础 篇

绪论	2
----	---



静 力 学

引言	4
----	---

第一章 静力学基本概念与物体受力分析	5
--------------------	---

第一节 静力学概述	5
-----------	---

第二节 力与静力学公理	5
-------------	---

第三节 约束和约束力	8
------------	---

第四节 物体的受力分析和受力图	12
-----------------	----

小结	16
----	----

思考题	17
-----	----

习题	17
----	----

第二章 平面汇交力系	21
------------	----

第一节 平面汇交力系合成与平衡的几何法	21
---------------------	----

第二节 平面汇交力系合成与平衡的解析法	24
---------------------	----

小结	27
----	----

思考题	27
-----	----

习题	28
----	----

第三章 平面力偶系	30
-----------	----

第一节 平面力对点之矩	30
-------------	----

第二节 平面力偶系	31
-----------	----

小结	35
----	----

思考题	36
-----	----

习题	37
----	----

第四章 平面任意力系	39
------------	----

第一节 平面任意力系的简化	39
---------------	----

第二节 平面任意力系的平衡	44
---------------	----

第三节 物体系统的平衡	48
-------------	----

小结	53
思考题	54
习题	55
第五章 空间力系	63
第一节 空间汇交力系	63
第二节 力对点之矩和力对轴之矩	65
第三节 空间力偶系	68
第四节 空间任意力系的简化	71
第五节 空间任意力系的平衡	74
小结	78
思考题	80
习题	81
第六章 静力学在工程中的应用	84
第一节 平面桁架的内力分析	84
第二节 考虑摩擦时物体的平衡问题	87
小结	97
思考题	98
习题	98



运 动 学

引言	101
第七章 点的运动学	102
第一节 矢量法	102
第二节 直角坐标法	103
第三节 自然法	106
小结	111
思考题	111
习题	112
第八章 刚体的简单运动	114
第一节 刚体的平行移动	114
第二节 定轴转动刚体内各点的速度和加速度	115
第三节 轮系的传动比	119
第四节 以矢量表示角速度和角加速度 以矢积表示点的速度和加速度	120
小结	122
思考题	122
习题	123
第九章 点的合成运动	126
第一节 绝对运动、相对运动和牵连运动	126

第二节 点的速度合成定理	127
第三节 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	132
第四节 牵连运动为定轴转动时点的加速度合成定理	136
小结	139
思考题	140
习题	140
第十章 刚体的平面运动	147
第一节 刚体的平面运动及其简化	147
第二节 刚体平面运动方程	147
第三节 平面图形内任一点速度分析	148
第四节 平面图形内任一点加速度分析	155
第五节 综合运动分析方法与计算	158
小结	162
思考题	162
习题	163



动 力 学

引言	170
第十一章 质点动力学	171
第一节 动力学的基本定律	171
第二节 质点的运动微分方程	172
第三节 质点动力学的两类基本问题	173
小结	177
思考题	177
习题	178
第十二章 动量定理	181
第一节 基本概念	181
第二节 动量定理	183
第三节 质心运动定理	187
小结	189
思考题	190
习题	190
第十三章 动量矩定理	193
第一节 质点和质点系的动量矩	193
第二节 转动惯量和平行轴定理	194
第三节 动量矩定理	198
第四节 刚体绕定轴转动微分方程	201
第五节 质点系相对于质心的动量矩定理	203

第六节 刚体的平面运动微分方程	204
小结	207
思考题	208
习题	208
第十四章 动能定理	212
第一节 力的功	212
第二节 动能	215
第三节 动能定理	216
第四节 功率、功率方程和机械效率	221
第五节 势力场 势能 机械能守恒定律	223
第六节 普遍定理的综合应用举例	226
小结	230
思考题	231
习题	232
第十五章 达朗贝尔原理	238
第一节 惯性力 质点的达朗贝尔原理	238
第二节 质点系的达朗贝尔原理	239
第三节 刚体惯性力系的简化	240
第四节 绕定轴转动刚体的轴承动约束力	246
小结	247
思考题	248
习题	249
第十六章 虚位移原理	253
第一节 约束 虚位移 虚功 理想约束	253
第二节 虚位移原理	256
小结	260
思考题	261
习题	261

第二篇 专 题 篇

第十七章 非惯性系中的质点动力学专题	268
第一节 非惯性系中的质点动力学基本方程	268
第二节 非惯性系中质点的动能定理	272
小结	273
思考题	273
习题	274
第十八章 碰撞专题	276
第一节 碰撞现象及基本特征	276

第二节	用于碰撞过程中的基本定理	276
第三节	恢复因数	278
第四节	碰撞问题	280
第五节	碰撞冲量对绕定轴转动刚体的作用 撞击中心	282
小结		285
思考题		286
习题		286
第十九章	振动力学专题	288
第一节	振动的概念	288
第二节	单自由度系统无阻尼自由振动	288
第三节	固有频率的几种求法	294
第四节	单自由度系统的有阻尼自由振动	296
第五节	单自由度系统无阻尼受迫振动	299
第六节	单自由度系统有阻尼受迫振动	302
第七节	隔振理论	304
第八节	两个自由度系统的自由振动	304
第九节	两个自由度系统的受迫振动 动力减振器	307
小结		309
思考题		311
习题		311
第二十章	分析力学基础专题	315
第一节	广义坐标和自由度	315
第二节	广义力及广义坐标下的质点系的平衡条件	316
第三节	动力学普遍方程	319
第四节	第二类拉格朗日方程	321
第五节	拉格朗日方程的初积分	325
第六节	第一类拉格朗日方程	328
小结		330
思考题		331
习题		331
习题参考答案		335
参考文献		347

第 1 篇

第一篇 基础篇

21世纪高等学校规划教材 理论力学

静力学

运动学

动力学

绪 论

1. 理论力学研究的对象、内容

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。机械运动是指物体在空间的位置随时间的变化。按照辩证唯物主义的观点,运动是物质存在的形式,是物质的固有属性,表现为位置的变动、发光、发热、电磁现象、化学过程,还包括人们头脑中的思维活动等不同的运动形式。机械运动是所有运动形式中最简单的一种。例如,机器的运转、车辆的行驶、大气和河水的流动、人造卫星的飞行、建筑物的振动等,都是机械运动。

由于物体之间相互的机械作用,即力的作用,使物体的运动状态发生改变。力与机械运动改变之间的关系,即物体的机械运动一般规律。这些一般规律就是理论力学的研究对象。

理论力学的研究内容是以伽利略和牛顿所建立的基本定律为基础的,属于古典力学的范畴。而古典力学则是研究速度远小于光速的宏观物体的运动规律。19 世纪后半期,由于近代物理的发展,发现许多力学现象不能用古典力学的定律来解释,因而产生了研究高速(接近光速)物质运动规律的相对论力学和研究微观粒子运动规律的量子力学。在这些新的研究领域内,古典力学内容已不再适用。但是,古典力学仍然具有很强的生命力。因为,不仅有大量的工程技术问题,还有一些尖端科学技术问题,所研究的也有许多是宏观物体,它们运动的速度也远小于光速,有关它们的力学问题应用古典力学研究不仅方便,而且结果也是足够精确的。同时,正在迅速发展的各个新的力学分支是在古典力学基础上诞生出来的,因此,学习和掌握理论力学有其重要的实际意义。

本课程的内容共分为以下三个部分。

(1) 静力学:研究物体在力作用下的平衡规律即物体平衡时作用力所应满足的条件,同时也研究力的一般性质及力系的简化方法。

(2) 运动学:从几何学的观点来研究物体的运动(如轨迹、速度和加速度等),而不考虑引起运动的物理原因。

(3) 动力学:研究受力物体的运动与作用力之间的关系。

2. 理论力学的学习目的

理论力学是一门理论性较强的技术基础课,学习理论力学的目的如下:

(1) 理论力学所研究的是力学中最普遍、最基本的规律。它是很多工科的专业课程,例如材料力学、结构力学、弹性力学、流体力学、机械原理、机械振动等一系列后续课程的重要基础。因此,学好理论力学是掌握各个工程专业所需的完整知识中的一个重要组成部分。

(2) 理论力学是现代工程技术科学的理论基础之一。土木、水利、机械等工程专业一般都要接触到机械运动的问题。有些工程问题可以直接应用理论力学的一些定理和结论去解决,有些则需要用理论力学与其他专业知识共同来解决。因此学习理论力学是为解决工程问题打下一定的基础。

(3) 理论力学的分析和研究方法具有一定的典型性。学生在学习过程中,逐步形成正确的逻辑思维,以及对待实际问题具有抽象、简化和正确进行理论分析的能力,因此,学习理

论力学也有助于学习、掌握新的科学技术；有助于建立辩证唯物主义的世界观，培养正确的分析问题和解决问题的能力，为以后解决生产实际问题，从事科学研究工作打下基础。

3. 理论力学的研究方法

理论力学研究的问题，都是工程实际问题。遵循认识论的规律，其研究方法首先是从工程中观察各种现象，从复杂的现象中抓住共性，找出反映事物本质的主要因素，略去次要因素，经过必要的简化，把作机械运动的实际物体抽象为力学模型。建立力学模型是理论力学研究方法中很重要的一个步骤。实际中的力学问题往往是很复杂的，这就需要对同一个研究对象，为了不同的研究目的，进行多次实验、反复观察、仔细分析、抓住问题的本质，作出正确的假设，使问题理想化或简化，从而达到在满足一定精确度的要求下用简单的模型来解决问题的目的。

理论力学的研究与数学有着密切的关系。建立了力学模型以后，还要按照机械运动的基本规律和力学定理，对力学模型进行数学描述，建立力学量之间的数量关系，得到力学方程，即数学模型。然后，经过逻辑推理和数学演绎进行理论分析和计算，或用计算机求解数值解。最后，所得到的结果和结论是否正确，还要进一步通过实验或工程实践来检验。

静 力 学

引 言

静力学是研究力系的简化及物体在力系作用下平衡条件的科学。

“平衡”是指物体相对于惯性参考系保持静止或作匀速直线运动。如桥梁、机床的床身、作匀速直线飞行的飞机等都可视为处于平衡状态。平衡是物体运动的一种特殊形式。因此,可以认为静力学是动力学的一种特殊情况,不过由于工程技术发展的需要,静力学已积累了丰富的内容而成为一个相对独立的部分。

在静力学中,主要研究以下三方面问题:

(1) 物体的受力分析。物体的受力分析即分析物体共受多少力及其每个力的大小、方向和作用点位置,以便对所研究的力系作初步了解。

(2) 力系的简化。力系的简化即用简单的力系来等效替换一个复杂的力系,从而抓住不同力系的共同本质,明确力系对物体作用的总效果。

(3) 建立力系的平衡条件。建立力系的平衡条件即研究物体平衡时,作用在物体上的各种力系所需满足的条件。

在工程实际中存在着大量的静力学问题,例如,当对各种工程结构的构件(如梁、桥墩、屋架等)进行设计时,须用静力学理论进行受力分析和计算;机械工程设计时,也要应用静力学的知识分析机械零部件的受力情况作为强度计算的依据,对于运转速度缓慢或速度变化不大的构件的受力分析通常都可简化为平衡问题来处理。另外,静力学中力系的简化理论与物体的受力分析方法可直接应用于动力学和其他学科,而且动力学问题还可从形式上变换成平衡问题应用静力学理论求解。因此,静力学在工程中有着广泛的应用,在力学理论中占有重要的地位。

第一章 静力学基本概念与物体受力分析

 **学习要点** 静力学的基本公理及物体的受力分析是研究静力学的基础。本章着重介绍约束及约束反力,也介绍物体的受力分析及受力图的画法。

第一节 静力学概述

静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的科学。

在静力学中研究的物体主要是刚体。所谓刚体是指物体在力的作用下,其内部任意两点之间的距离始终保持不变,即在力作用下,大小和形状保持不变的物体。它是在研究力对物体作用的外效应时,由实际的物体抽象而来的理想化的力学模型。

物体的平衡是指物体相对于惯性参考系处于静止或作匀速直线平行移动的一种状态。它是物体运动状态的一种特殊形式。

物体能否处于平衡状态,取决于它所受到的一群力,即力系。能使物体保持其平衡状态的力系称为平衡力系。要判断一个力系是否为平衡力系必须先研究力系对物体作用的总效应。对于一个复杂的力系对物体作用的总效应,往往可以用一个简单力系对物体作用的总效应来代替。寻找一个简单力系来等效替代一个复杂力系,称为力系的简化。这样,判断任何一个复杂力系是否为平衡力系,就可根据其简单的等效力系是否为平衡力系来决定。

当然,在分析具体物体的平衡时,还应对每个物体进行受力分析,正确地判断它所受的力系是由哪些力所组成的。

综上所述,静力学主要研究以下三个问题:

- (1) 物体的受力分析;
- (2) 力系的等效简化;
- (3) 力系的平衡条件及其应用。

其中物体的受力分析及力系的等效简化还是研究动力学的基础,而整个静力学内容则是学习材料力学、机械原理等后续课程的必备知识。静力学的理论和方法在解决许多实际工程技术问题的过程中有着广泛的应用。

第二节 力与静力学公理

1. 力

人们经过长期的生产实践和理论概括,逐步建立起力的概念。力是物体与物体间相互的机械作用,这种作用可以使物体的机械运动状态发生改变,也可以使物体形状发生变化。力使物体运动状态发生改变的效应称为力的外效应或运动效应;力使物体形状发生变化的效应称为力的内效应或变形效应。在静力学中,把物体抽象为刚体,因此只研究

力的外效应。

力对物体作用的效应取决于力的大小、力的方向、力的作用点，它们称为力的三要素。当这三个要素中任何一个改变时，力的作用效应也随之改变。

力是一个既有大小又有方向的量，因此，力是矢量。它常用带箭头的直线线段来表示，

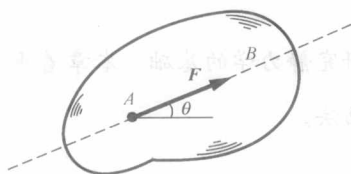


图 1-1

如图 1-1 所示。其中线段的长度 AB 按一定比例表示力的大小，线段的方位（与水平方向的夹角 θ ）和箭头的指向表示力的方向，线段的起点表示力的作用点。通过力的作用点沿力的方位的直线，称为力的作用线。在本书中，凡是矢量都用粗斜体字母表示，如力 $\boldsymbol{F}$ ，而这个矢量的大小（标量）则用细斜体的同一字母表示，如 F 。

在国际单位制中，力的单位是 N 或 kN 。

2. 静力学公理

静力学公理是人们在长期的生活和生产实践中，经过反复的观察和实践总结出来的客观规律，它正确地反映了作用于物体上力的基本性质，是进一步研究复杂力系平衡性质的理论基础。

公理 1 二力平衡公理

作用于刚体上的二力使刚体保持平衡的充分必要条件是：该二力的大小相等、方向相反，并作用在同一直线上。

这个公理说明，一个刚体只受两个力作用而处于平衡时，则它们的作用线必与它们的作用点之连线相重合。这种受二力作用而平衡的刚体常称为二力杆或二力构件。如图 1-2 (a) 所示，一物体在 A 、 B 两点受力而平衡，根据二力平衡条件，作用于二力构件上的两力必沿两力作用点的连线，或为拉力，或为压力，且大小相等、方向相反，如图 1-2 (b) 所示。

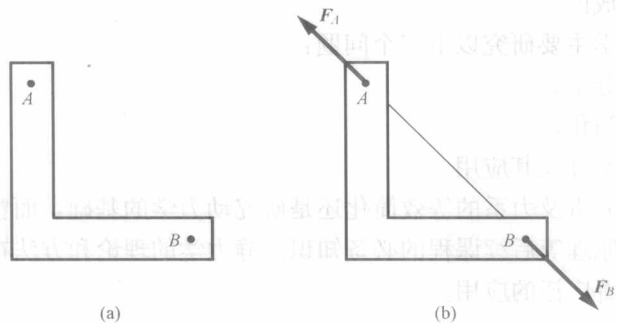


图 1-2

应该指出，该公理揭示的是作用于刚体上的最简单力系平衡的充要条件。对于非刚体来说，只是必要条件，而非充分条件。如图 1-3 所示，软绳受两个等值反向的拉力可以平衡，当受两个等值反向的压力时，就不能平衡了。

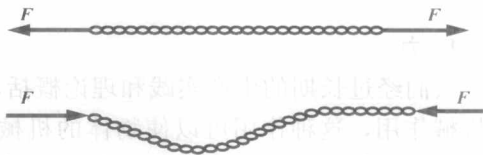


图 1-3

公理 2 加减平衡力系公理

在已知力系作用的刚体上，加上或减去一个平衡力系，不会改变原力系对刚体的作用效果。

这个公理是力系等效替换的理论依据，而且只适用于刚体。

推论 1 力的可传性

作用于刚体上的力可以沿其作用线移至同一刚体内任意一点，并不改变其对于刚体的作用效应。

证明：设有力 F 作用于刚体上的 A 点，如图 1-4 (a) 所示。在其作用线上任取一点 B ，在 B 点加上两个相互平衡的力 F_1 和 F_2 ，使得 $F_2 = -F_1 = F$ ，如图 1-4 (b) 所示。根据公理 1， F 和 F_1 也是一个平衡力系，所以，由公理 2 可以去掉这两个力，这样由作用于刚体 B 点的力 F_2 等效地替换了作用于 A 点的力 F 。即力 F 相当于从作用点 A 沿其作用线移到了任意点 B ，如图 1-4 (c) 所示。

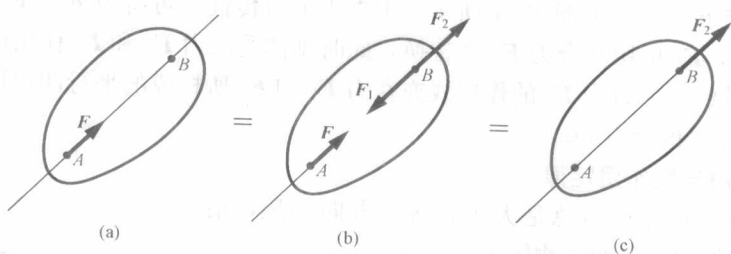


图 1-4

由力的可传性可知，作用于刚体上的力的三要素是：大小、方向和作用线，即对于刚体来说，力是滑动矢量。

应该指出，力的可传性仅适用于研究力的运动效应，而不适用于研究力的变形效应。因为力沿其作用线移动时，将引起变形效应的改变。例如图 1-5 所示直杆，在两端 A 、 B 处施加大小相等、方向相反、作用线相同的两个力 F_1 、 F_2 ，显然这时杆件产生拉伸变形，如图 1-5 (a) 所示。若将力 F_1 沿其作用线移至 B 点，力 F_2 沿其作用线移至 A 点，如图 1-5 (b) 所示，这时杆件则产生压缩变形，这两种变形效应是不同的。因此，作用于变形体上的力是定位矢量，其作用点不能移动。

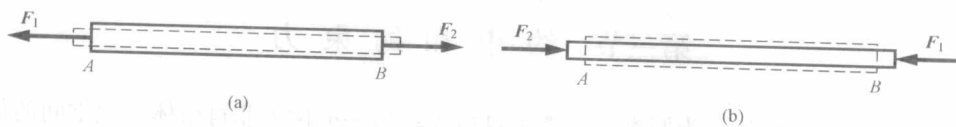


图 1-5

公理 3 力的平行四边形法则

作用于物体上某一点的两个力，可以合成为一个合力。合力也作用于该点上，合力的大小和方向可由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定，这称为力的平行四边形法则。如图 1-6 所示，合力矢等于这两个分力矢的矢量和，即

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

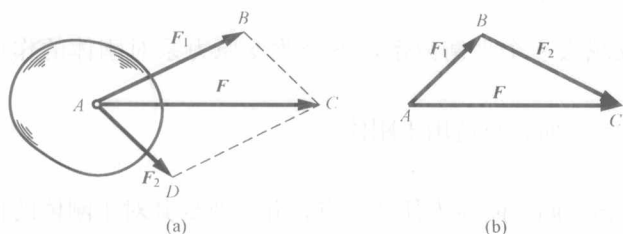


图 1-6

推论 2 三力平衡汇交定理

当刚体受三力作用而平衡时，若其中两力作用线相交于一点，则第三力作用线必通过两力作用线的交点，且三力的作用线在同一平面内。

证明：设刚体上 A, B, C 三点分别受三力 F_1, F_2, F_3 的作用而处于平衡，其中 F_1, F_2 的作用线相交于 O 点，如图 1-7 所示。根据力的可传性，可将力 F_1, F_2 移至 O 点，利用公理 3，力 F_1, F_2 可用其合力 F_{12} 来替换，此时刚体受二力 F_{12} 和 F_3 作用而平衡。由公理 1， F_3 与 F_{12} 必共线，所以力 F_3 的作用线亦在力 F_1 和 F_2 所构成的平行四边形的平面上，且通过 F_1, F_2 作用线的交点 O 。

公理 4 作用与反作用定律

两物体间的相互作用力总是大小相等，方向相反，沿同一直线，分别作用在这两个物体上。

这个公理概括了自然界中物体间相互作用力的关系，表明一切力总是成对出现的。有作用力必有其反作用力，这是分析物体间相互作用力的一条重要规律，为研究由多个物体组成的物系问题提供了理论基础。

公理 5 刚化原理

如果变形体在某一力系作用下处于平衡，则此变形体可刚化为刚体，其力系必满足其平衡条件。这就是变形体的可刚化原理。

这一原理为把刚体平衡条件的理论应用于变形体的平衡问题提供了理论依据。

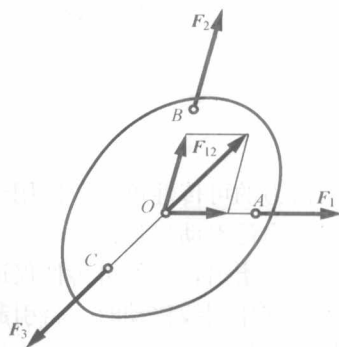


图 1-7

第三节 约束和约束力

在力学中通常把物体分为两类：一类是自由体；另一类称为非自由体。在空间的位移不受任何限制，即可以自由运动的物体称为自由体，如空中飞行的飞机、人造卫星等。而工程中大多数物体的运动都要受到一定的限制，使某些方向的运动不能发生，这样的物体称为非自由体，也称被约束物体，如行驶火车、厂房、桥梁等。对非自由体某些位移起限制作用的周围物体，称为约束。换句话说，所谓约束，是指加于物体上的限制条件。如钢轨对于火车是约束，地面对厂房是约束，吊灯的灯绳对于灯是约束等。

物体受到约束时，物体与约束之间必然有相互作用力，约束对物体的作用力称为约束反作用力，简称约束反力或反力，它是一种被动力。物体除受约束力外，还受到各种载荷，如